

特開平11-273235

(43) 公開日 平成11年(1999)10月8日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 1 1 B 19/20

G 1 1 B 19/20

D

H 0 2 K 5/16

H 0 2 K 5/16

Z

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平10-78172

(22) 出願日 平成10年(1998)3月26日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 脇谷 明彦

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 吉岡 孝雄

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 吉川 昭一

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 森本 義弘

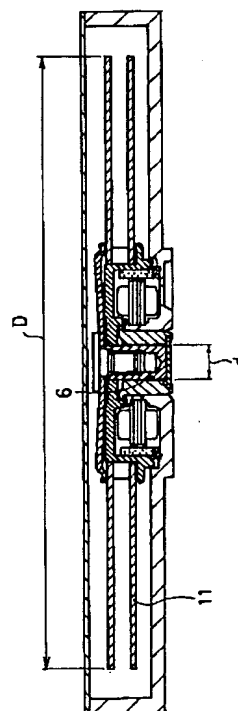
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 モータおよびこのモータを搭載したハードディスク装置

(57) 【要約】

【課題】 ディスク負荷や使用回転数などに応じて最低限の軸径の上限と下限を明確に規定して、可能な限りの損失の低減化と最低限の耐振動性能、そして信頼性の確保ができるモータを提供することを目的とする。

【解決手段】 流体軸受け仕様の軸固定型モータにおいて、固定軸の直径を  $d$  (mm) を  $\alpha^3 \cdot M1 > d^3 > M1$  に設定する。但し、 $M1 = J1 \cdot (N/1000)^2 \cdot k^2 \cdot D$  で、 $J1$  は実験により決まる係数である。 $N$  (rpm) は使用回転数、 $k$  はディスク状記録媒体の枚数、 $D$  (インチ) はディスク状記録媒体の直径、 $\alpha$  は固定軸の最小径と最大径との倍率である。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】固定軸に回転自在に支持されたロータに設けたマグネットと前記マグネットに対向するようステータコアに取り付けられた固定子巻線とを有し、前記ロータに搭載されたディスク状記録媒体をその軸心周りに回転駆動するモータであって、固定軸の直径を  $d$  (mm)、使用回転数を  $N$  (rpm)、ディスク状記録媒体の枚数を  $k$ 、ディスク状記録媒体の直径を  $D$  (インチ) としたときに、

$$\alpha^3 \cdot M1 > d^3 > M1$$

但し、 $M1 = J1 \cdot (N/1000)^2 \cdot k^2 \cdot D$  で  $J1$  は実験により決まる係数で、 $0.018 \pm 20\%$  に設定し、 $\alpha$  は固定軸の最小径と最大径との倍率に設定したモータ。

【請求項 2】ステータ側に形成された固定スリーブの軸孔にロータ軸を挿入して回転自在に支持されたロータに主マグネットを設け、前記主マグネットに対向するようステータ側に取り付けられたステータコアとを有し、前記ロータに搭載されたディスク状記録媒体をその軸心周りに回転駆動するモータであって、前記ロータ軸の直径を  $d$  (mm)、使用回転数を  $N$  (rpm)、ディスク状記録媒体の枚数を  $k$ 、ディスク状記録媒体の直径を  $D$  (インチ) としたときに、

$$\alpha^3 \cdot M2 > d^3 > M2$$

但し、 $M2 = J2 \cdot (N/1000)^2 \cdot k^2 \cdot D$  で  $J2$  は実験により決まる係数で、 $0.0134 \pm 20\%$  に設定し、 $\alpha$  はロータ軸の最小径と最大径との倍率に設定したモータ。

【請求項 3】請求項 1 または請求項 2 の何れかに記載のモータを内蔵し、このモータでディスク状記録媒体を回転駆動するハードディスク装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、OA 機器や AV 機器に使用されるモータに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】ハードディスクを高速回転させながら磁気記録または記録内容を読み出すハードディスク装置では、軸回転型のモータまたは米国特許第 4739427 号公報に見られるような軸固定型のモータが使用されている。

【0003】軸固定型モータは図 15 に示すように、固定軸 1 にボールベアリング 2 a、2 を介して回転自在に支持したロータ 3 にマグネット 4 を設け、マグネット 4 に対向するようステータコア 5 に取り付けられた固定子巻線 6 とを有し、ロータ 3 に搭載されたハードディスク 7 をその軸心周りに回転駆動している。

【0004】一般に、耐振動特性は次の傾向がある。回転数が上昇すると耐振動特性が悪化し、またディスク負荷が増加しても耐振動特性が悪化する。

2

【0005】当然、この耐振動特性はモータの共振点を向上させれば良化する。そのため上記のように、固定軸 1 の基端部を下ケース 8 a に固定し、先端部を上ケース 8 b にビス 9 で固定した両持ち構造にして共振点を向上させたり、片持ち支持構造では軸径を大きくすることが一般的である。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】従来の耐振動特性は、ボールベアリング仕様では大きな問題にはなっていないかった。これは、次の理由による。

【0007】ボールベアリング仕様では転がり摩擦であり、軸径と消費電流の関連が小さい。従って、軸径を大きい状態で使用することができる。また、従来より軸の直径は 5 mm または 6 mm といったものが使用されており、このクラスのボールベアリングのコストも安い。ボールベアリングでは、サイズが小さくなると耐荷重能力が小さくなるため、衝撃に弱くなるという問題がある。

【0008】小型化と対衝撃荷重を目的とした場合には、ボールベアリングに代わって流体軸受で支持することが有利であり、具体的な構造は米国特許第 5590003 号公報に記載されている。

【0009】以下、流体軸受け仕様について検討する。流体軸受け仕様では、従来、その最大の課題である流体摩擦による損失の増加を如何に押さえるかに腐心してきた。そのためには、軸直径を小さくし周速を下げるのが最も有効で、ディスク負荷や回転数などに応じて最低限の軸径で対処することが重要である。

【0010】本発明は、流体軸受け仕様において、ディスク負荷や使用回転数などに応じて最低限の軸径の上限と下限を明確に規定して、可能な限りの損失の低減化と最低限の耐振動性能、そして信頼性の確保ができるモータおよびこのモータを搭載したハードディスク装置を提供することを目的とする。

## 【0011】

【課題を解決するための手段】本発明のモータは、流体軸受け仕様の軸固定型モータにおいて、固定軸の直径を  $d$  (mm) を  $\alpha^3 \cdot M1 > d^3 > M1$  に設定したことを特徴とする。また、本発明のモータは、流体軸受け仕様の軸回転型モータにおいて、固定軸の直径を  $d$  (mm) を  $\alpha^3 \cdot M2 > d^3 > M2$  に設定したことを特徴とする。

【0012】但し、 $M1 = J1 \cdot (N/1000)^2 \cdot k^2 \cdot D$ 、 $M2 = J2 \cdot (N/1000)^2 \cdot k^2 \cdot D$  で、 $J1$ 、 $J2$  は実験により決まる係数である。 $N$  (rpm) は使用回転数、 $k$  はディスク状記録媒体の枚数、 $D$  (インチ) はディスク状記録媒体の直径、 $\alpha$  は固定軸またはロータ軸の最小径と最大径との倍率である。

【0013】この本発明によると、可能な限りの損失の低減化と最低限の耐振動性能、そして信頼性が得られ

る。

#### 【0014】

【発明の実施の形態】請求項1記載のモータは、固定軸に回転自在に支持されたロータに設けたマグネットと前記マグネットに対向するようステータコアに取り付けられた固定子巻線とを有し、前記ロータに搭載されたディスク状記録媒体をその軸心周りに回転駆動するモータであって、固定軸の直径を  $d$  (mm)、使用回転数を  $N$  (rpm)、ディスク状記録媒体の枚数を  $k$ 、ディスク状記録媒体の直径を  $D$  (インチ) としたときに、 $\alpha^3 \cdot M1 > d^3 > M1$  に設定したことを特徴とする。但し、 $M1 = J1 \cdot (N/1000)^2 \cdot k^2 \cdot D$  で  $J1$  は実験により決まる係数で、 $0.018 \pm 20\%$  に設定し、 $\alpha$  は固定軸の最小径と最大径との倍率である。

【0015】請求項2記載のモータは、ステータ側に形成された固定スリーブの軸孔にロータ軸を挿入して回転自在に支持されたロータに主マグネットを設け、前記主マグネットに対向するようステータ側に取り付けられたステータコアとを有し、前記ロータに搭載されたディスク状記録媒体をその軸心周りに回転駆動するモータであって、前記ロータ軸の直径を  $d$  (mm)、使用回転数を  $N$  (rpm)、ディスク状記録媒体の枚数を  $k$ 、ディスク状記録媒体の直径を  $D$  (インチ) としたときに、 $\alpha^3 \cdot M2 > d^3 > M2$  に設定したことを特徴とする。但し、 $M2 = J2 \cdot (N/1000)^2 \cdot k^2 \cdot D$  で  $J2$  は実験により決まる係数で、 $0.0134 \pm 20\%$  に設定し、 $\alpha$  はロータ軸の最小径と最大径との倍率である。

【0016】請求項3記載のハードディスク装置は、請求項1または請求項2の何れかに記載のモータを内蔵し、このモータでディスク状記録媒体を回転駆動することを特徴とする。

【0017】以下、本発明の各実施の形態を図1～図14に基づいて説明する。(実施の形態1) 図1～図10は(実施の形態1)を示す。

【0018】図1と図2は流体軸受け仕様の軸回転型モータを使用したハードディスク装置を示しており、ブラケット1の中央孔2には固定スリーブ3が取り付けられている。ハブ4には固定スリーブ3の軸孔5に挿入されるロータ軸6が取り付けられており、固定スリーブ3に挿入されたロータ軸6の先端は固定スリーブ3の基端に取り付けられたスラスト板7に当接している。

【0019】ブラケット1には、前記固定スリーブ3を中央にしてステータコア8が取り付けられている。ステータコア8はヨークの先端をステータコア7の外周側にして取り付けられている。

【0020】このステータコア8の外周部に対向してハブ4には、環状の主マグネット9がフレーム10を介して取り付けられている。なお、固定スリーブ3とロータ軸6との間にはラジアル動圧発生部が形成されており、その隙間には潤滑流体が充填されている。

【0021】ハブ4には、この図1と図2では2枚のハードディスク11がスペーサ12を介在させて取り付けられている。ロータ軸6の直径を  $d$  (mm)、使用回転数  $N: 5400$  (rpm)、ディスク状記録媒体の枚数  $k: 3$ 、ディスク状記録媒体の直径  $D: 3.5$  (インチ) としたときに、ロータ軸6の直径  $d$  を変数として軸共倒れ共振周波数:  $f$  の関係を測定すると図3に示すように  $f \propto d^3$  の関係にあった。

【0022】また、使用回転数  $N$  を変数として軸共倒れ共振周波数:  $f$  の関係を測定すると図4に示すように  $f \propto 1/N^2$  の関係にあった。また、ディスク状記録媒体の直径  $D$  を変数として軸共倒れ共振周波数:  $f$  の関係を測定すると図5に示すように  $f \propto 1/D$  の関係にあった。

【0023】また、ディスク状記録媒体の枚数  $k$  を変数として軸共倒れ共振周波数:  $f$  の関係を測定すると図6に示すように  $f \propto 1/k^2$  の関係にあった。したがって、図3～図6の結果から軸共倒れ共振周波数:  $f$  は下記のように表現できる。

【0024】 $f \propto d^3 \cdot 1/N^2 \cdot 1/D \cdot 1/k^2$   
図7は流体軸受け仕様の軸回転型モータに、3.5インチのディスク3枚を取り付けたセットを5400 rpmで回転させ、このセットを0.5Gで加振した際のディスク面の軸方向の変位を測定したものである。

【0025】耐振性能はディスクを含めた数百ヘルツ以下の共振に対してその発生レベルで評価される。図7では加振時に動作エラーが発生しないレベルを100として表示されている。

【0026】図8で測定した軸回転型モータのロータ軸6の直径:  $d$  は、図7で測定した軸回転型モータのそれよりも太いものである。この図7と図8を比べて分かるように、図7の低域に発生していた160 Hz付近のピークP1と365 Hz付近のピークP2は、ロータ軸6の直径:  $d$  を太くした図8ではピークP1'、P2'で示すようにそれぞれ220 Hz付近と500 Hz付近に移動している。

【0027】このピークP1、P2、P1'、P2'はロータ軸6の直径などに代表される剛性値に決定づけられる共振であり、軸倒れ共振と呼ばれている。ジャイロ効果によって共振は2つに分離され、ピークP1、P1'が逆方向旋回モード、ピークP2、P2'はモータ回転方向モードと呼ぶ。

【0028】ピークP3は実装されたディスクの共振である。ピークP4、P5はそれ以外の共振による要因である。発生する振動は全て問題になるわけではなくサーボによる圧縮があるため、通常問題になるのは300 Hz以下の成分が一般的である。

【0029】この領域には軸倒れ共振と言うピークP1、P1'、p1、p2が装置のサーボ上の問題やエラー

発生に大きな影響を与える。モータの回転数Nとディスクの枚数kと軸直径dをパラメータとして、装置がエラーを起こさない加振加速度を実験で求めた。下記(表

\*1)はその結果を示す。

【0030】

【表1】

(表1)

回転数 r p m	ディスク 枚数	軸直径 (mm)			
		3	3.5	4.0	5.0
5400	3	1.09G	1.74G	2.60G	5.08G
	4	0.61	1.13	1.46	3.3
	5	0.31	0.65	0.76	1.90

【0031】この(表1)から条件が回転数N=5400 r p m, ディスク枚数k=3, 軸直径d=3.5mmの場合のエラーを起こさない加振加速度は1.74Gであって、製品としての要求する目標加振加速度G<sub>0</sub>とすると

$$(3/k)^2 (d/3.5)^3 / (N/5400)^2 / (D/3.5) = (G_0/1.74)$$

と表すことができ、これより目標加振加速度G<sub>0</sub>=0.5Gのときの最低必要な軸直径dを比例計算で求めると、

$$(3/k)^2 (d/3.5)^3 / (N/5400)^2 / (D/3.5) \cdot 1.74 = G_0$$

となる。軸直径dの上限は、その余裕を如何にとるかと言う点と軸受け損失がほぼ軸直径の2乗に比例することから、許容レベルを最低の軸直径での損失の2倍程度以下とすると言う2つの観点から、最大の軸直径を最低軸直径の1.5倍に設定すると、最大軸直径はd<sup>3</sup>=0.0134・(N/1000)<sup>2</sup>・k<sup>2</sup>・Dとなる。軸直径dの設定範囲は0.0134・(N/1000)<sup>2</sup>・k<sup>2</sup>・D<d<sup>3</sup><0.0134・(N/1000)<sup>2</sup>・k<sup>2</sup>・D・1.5<sup>3</sup>と表現できる。

【0032】この関係式に基づいて軸直径dを設定したモータの回転数、ディスク枚数、ディスク径を変更して目標加振加速度G<sub>0</sub>=0.5Gを満足しているかを確認したが、何れのモータも適正であった。係数の0.0134は0.0134±20%の範囲で目標加振加速度G<sub>0</sub>を満足した。

【0033】具体的には、図9は2.5インチのディスクを取り付けたモータを5400 r p mで回転させる場合に、ディスクの枚数を変化させて目標加振加速度G<sub>0</sub>=0.5Gを満足する軸直径の最小値と最大値を表している。図10は2.5インチのディスクを取り付けたモータを7200 r p mで回転させる場合に、ディスクの枚数を変化させて目標加振加速度G<sub>0</sub>=0.5Gを満足する軸直径の最小値と最大値を表している。

(実施の形態2)図11～図14は(実施の形態2)を示している。

【0034】図11と図12は流体軸受け仕様の軸固定型モータを使用したハードディスク装置を示しており、固定軸13の基端はネジ14で下ケース15に固定されている。固定軸13の先端に固定スラスト板16がネジ17によって取り付けられている。

【0035】固定軸13に対して回転自在の回転スリーブ18は、前記固定軸13が挿通される軸孔19を有する筒部20と、この筒部20の先端から外側に張り出したハブ部21とで構成されている。

【0036】下ケース15にはステータコア22が取り付けられており、このステータコア22はヨークの先端を外側にして取り付けられている。回転スリーブ18の筒部20の先端に一体的に取り付けられた前記ハブ部21は、ロータフレーム23を介して環状マグネット24が取り付けられている。ハブ部21には、この図1では3枚のハードディスク25がスペーサ26を介在させて取り付けられている。

【0037】固定軸13と筒部20の内周面との間にはラジアル側動圧発生部が形成されており、固定スラスト板16と回転スリーブ18の凹部27と回転スラスト板28との間にはスラスト側動圧発生部が形成されている。

【0038】ラジアル側動圧発生部は、固定軸13の外周面に動圧発生溝を形成するとともに隙間に潤滑流体が充填されている。スラスト側動圧発生部は固定スラスト板16の上面と下面にそれぞれ動圧発生溝を形成するとともに隙間に潤滑流体が充填されている。

【0039】この(実施の形態2)の軸固定型の場合も(実施の形態1)における(表1)と同様に、モータの回転数Nとディスクの枚数kと軸直径dをパラメータとして、装置がエラーを起こさない加振加速度を実験で求めた。下記(表2)はその結果を示す。

【0040】

【表2】

(表2)

回転数 r p m	ディスク 枚数	軸直径 (mm)			
		3	3.5	4	5
5400	3	0.80G	1.28G	1.90G	3.73G
	4	0.45	0.83	1.07	2.43
	5	0.23	0.48	0.56	1.40
7200	3	0.45	0.72	1.07	2.10
	4	0.25	0.47	0.60	1.37
	5	0.13	0.27	0.31	0.79
10000	3	0.13	0.21	0.31	0.61
	4	0.07	0.14	0.17	0.40
	5	0.04	0.08	0.09	0.23

【0041】この(表2)から条件が回転数N= 5400 r p m, ディスク枚数k=3, 軸直径d= 3.5mmの場合のエラーを起こさない加振加速度は 1.28Gであって、製品としての要求する目標加振加速度G<sub>0</sub>とすると

$$(3/k)^2 (d/3.5)^3 / (N/5400)^2 / (D/3.5) = (G_0/1.28)$$

$$(3/k)^2 (d/3.5)^3 / (N/5400)^2 / (D/3.5) \cdot 1.28 = G_0$$

と表すことができ、これより目標加振加速度G<sub>0</sub>= 0.5Gのときの最低必要な軸直径dを比例計算で求めると、

$$(3/k)^2 (d/3.5)^3 / (N/5400)^2 / (D/3.5) \cdot 1.28 = 0.5$$

$d^3 = 0.018 \cdot (N/1000)^2 \cdot k^2 \cdot D$ となる。軸直径dの上限は、その余裕を如何にとるかと言う点と軸受け損失がほぼ軸直径の2乗に比例することから、許容レベルを最低軸直径での損失の2倍程度以下とすると言う2つの観点から、最大軸直径を最低軸直径の1.5倍に設定すると、最大軸直径は

$$d^3 = 0.018 \cdot (N/1000)^2 \cdot k^2 \cdot D \cdot 1.5^3$$

と規定され、軸直径dの設定範囲は

$$0.018 \cdot (N/1000)^2 \cdot k^2 \cdot D < d^3 < 0.018 \cdot (N/1000)^2 \cdot k^2 \cdot D \cdot 1.5^3$$

と表現できる。

【0042】この関係式に基づいて軸直径dを設定したモータの回転数、ディスク枚数、ディスク径を変更して目標加振加速度G<sub>0</sub>= 0.5Gを満足しているかを確認したが、何れのモータも適正であった。係数の0.018は0.018±20%の範囲で目標加振加速度G<sub>0</sub>を満足した。

【0043】具体的には、図13は 3.5インチのディスクを取り付けたモータを 5400 r p mで回転させる場合に、ディスクの枚数を変化させて目標加振加速度G<sub>0</sub>=0.5Gを満足する軸直径の最小値と最大値を表している。図14は 3.5インチのディスクを取り付けたモータを 7200 r p mで回転させる場合に、ディスクの枚数を変化させて目標加振加速度G<sub>0</sub>= 0.5Gを満足する軸

直径の最小値と最大値を表している。

【0044】

【発明の効果】以上のように本発明のモータは、使用条件に応じて適切な軸直径に設定されているため、流体軸受け仕様において可能な限りの損失の低減化と最低限の耐振動性能、そして信頼性の確保ができる。

【0045】また、このモータを搭載したハードディスク装置では信頼性を犠牲にすることなく低消費電力化を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】軸回転型モータを使用したハードディスク装置の断面図

【図2】図1の要部の拡大図

【図3】実施の形態1の軸直径と軸倒れ共振の関係図

【図4】実施の形態1の回転数と軸倒れ共振の関係図

【図5】実施の形態1のディスク径と軸倒れ共振の関係

30 図

【図6】実施の形態1のディスク枚数と軸倒れ共振の関係図

【図7】軸直径を太くする前の耐振動特性図

【図8】軸直径を太くして対策した後の耐振動特性図

【図9】軸回転型モータで回転数 5400rpmの場合の軸直径範囲を示すディスク枚数と軸直径の関係図

【図10】軸回転型モータで回転数 7200rpmの場合の具体的な軸直径範囲を示すディスク枚数と軸直径の関係図

40 【図11】軸固定型モータを使用したハードディスク装置の断面図

【図12】図11の要部の拡大図

【図13】軸固定型モータで回転数 5400rpmの場合の軸直径範囲を示すディスク枚数と軸直径の関係図

【図14】軸固定型モータで回転数 7200rpmの場合の具体的な軸直径範囲を示すディスク枚数と軸直径の関係図

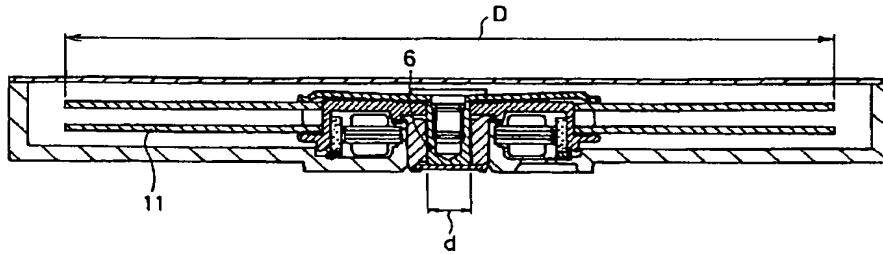
【図15】ベアリング軸受け仕様の軸固定型モータの断面図

50 【符号の説明】

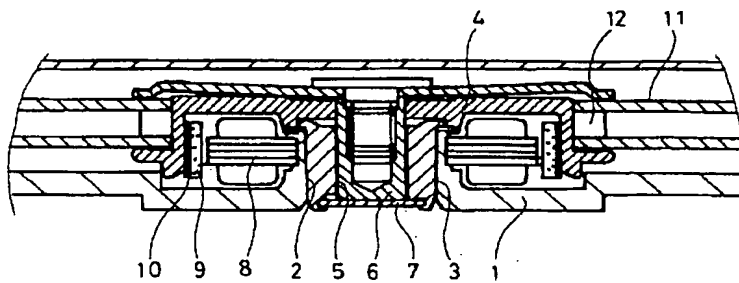
d 軸直径  
N 使用回転数  
k ディスクの枚数

D ディスクの直径  
1 1 ディスク

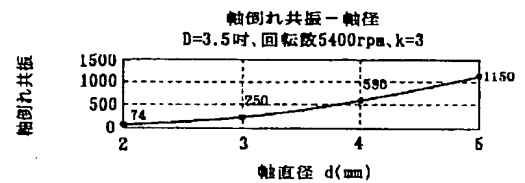
【図 1】



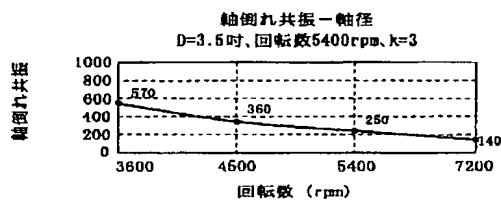
【図 2】



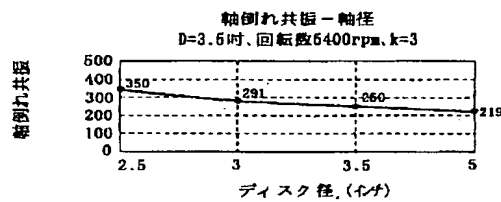
【図 3】



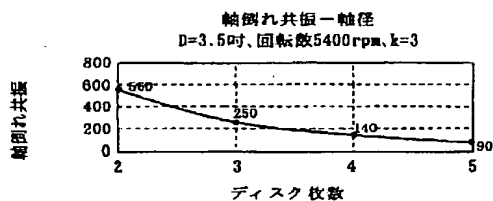
【図 4】



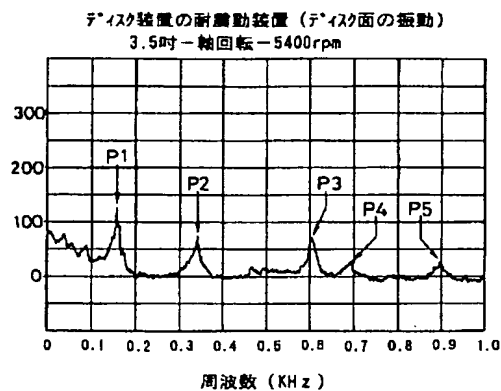
【図 5】



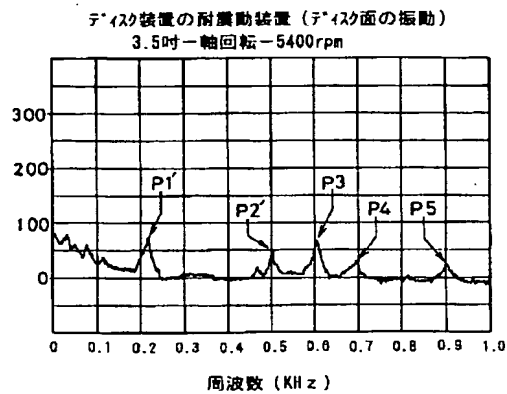
【図 6】



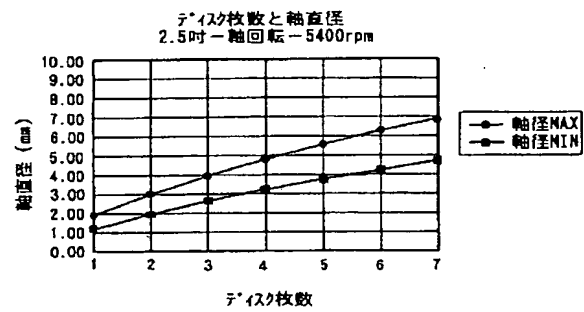
【図 7】



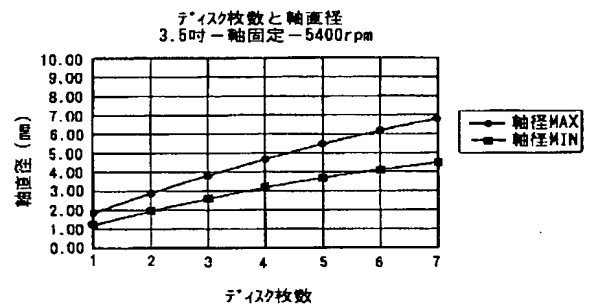
【図 8】



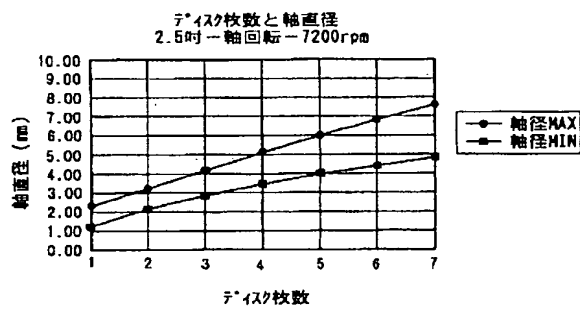
【図 9】



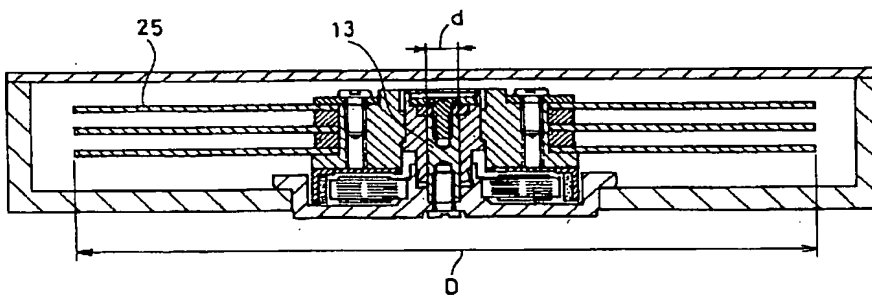
【図 13】



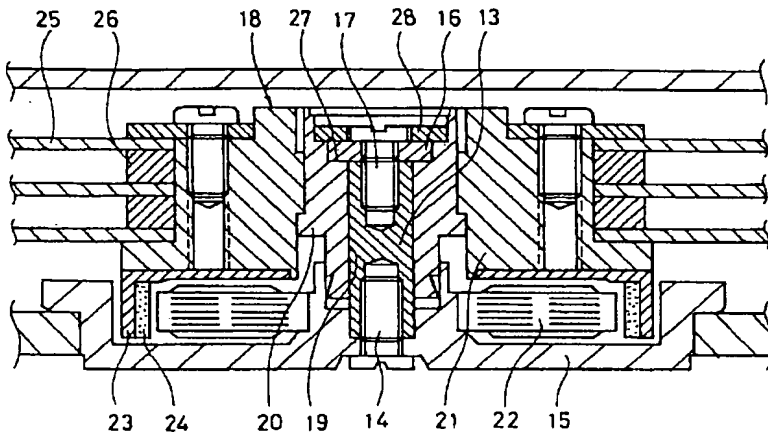
【図 10】



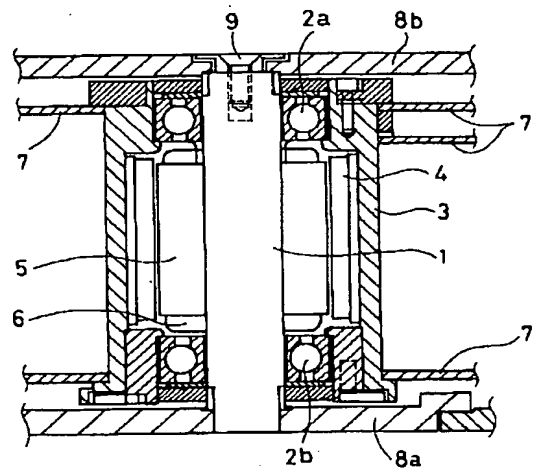
【図 11】



【図 1 2】

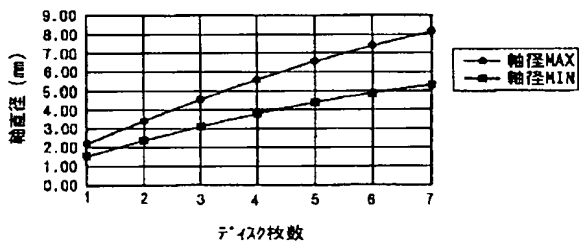


【図 1 5】



【図 1 4】

ディスク枚数と軸直径  
3.5吋 - 軸固定 - 7200rpm



## 【手続補正書】

【提出日】平成 1 1 年 3 月 1 9 日

## 【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 0 3

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0 0 0 3】軸固定型モータは図 1 5 に示すように、固定軸 1 a にボールベアリング 2 a、2 b を介して回転自在に支持したロータ 3 にマグネット 4 を設け、マグネット 4 に対向するようステータコア 5 に取り付けられた固定子巻線 6 とを有し、ロータ 3 に搭載されたハードディスク 7 をその軸心周りに回転駆動している。

## 【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 0 5

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0 0 0 5】当然、この耐振動特性はモータの共振点を

向上させれば良化する。そのため上記のように、固定軸 1 a の基端部を下ケース 8 a に固定し、先端部を上ケース 8 b にビス 9 で固定した両持ち構造にして共振点を向上させたり、片持ち支持構造では軸径を大きくすることが一般的である。

## 【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 0 8

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0 0 0 8】小型化と耐衝撃荷重を目的とした場合には、ボールベアリングに代わって流体軸受で支持することが有利であり、具体的な構造は米国特許第 5 5 9 0 0 3 号公報に記載されている。

## 【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 1 9

【補正方法】変更



## 【補正内容】

【0019】ブラケット1には、前記固定スリーブ3を中央にしてステータコア8が取り付けられている。ステータコア8はヨークの先端を外周側にして取り付けられている。

## 【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0021

【補正方法】変更

【補正内容】

【0021】ハブ4には、この図1と図2では2枚のハードディスク11がスペーサ12を介在させて取り付けられている。ロータ軸6の直径をd (mm)、使用回転数N: 5400 (rpm)、ディスク状記録媒体の枚数k: 3、ディスク状記録媒体の直径D: 3.5 (インチ)としたときに、ロータ軸6の直径dを変数として軸倒れ共振周波数: f の関係を測定すると図3に示すように  $f \propto d^3$  の関係にあった。

## 【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0022

【補正方法】変更

【補正内容】

【0022】また、使用回転数Nを変数として軸倒れ共振周波数: f の関係を測定すると図4に示すように  $f \propto 1/N^2$  の関係にあった。また、ディスク状記録媒体の直径Dを変数として軸倒れ共振周波数: f の関係を測定すると図5に示すように  $f \propto 1/D$  の関係にあった。

## 【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0023

【補正方法】変更

【補正内容】

【0023】また、ディスク状記録媒体の枚数kを変数として軸倒れ共振周波数: f の関係を測定すると図6に示すように  $f \propto 1/k^2$  の関係にあった。したがって、図3～図6の結果から軸倒れ共振周波数: f は下記のように表現できる。

## 【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0029

【補正方法】変更

【補正内容】

【0029】この領域には軸倒れ共振と言うピークP1, P1', P2, P2' が装置のサーボ上の問題やエラー発生に大きな影響を与える。モータの回転数Nとディスクの枚数kと軸直径dをパラメータとして、装置がエラーを起こさない加振加速度を実験で求めた。下記(表1)はその結果を示す。

## 【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0031

【補正方法】変更

【補正内容】

【0031】この(表1)から条件が回転数N= 5400 rpm, ディスク枚数k= 3, 軸直径d= 3.5mmの場合のエラーを起こさない加振加速度は 1.74Gであって、製品としての要求する目標加振加速度G<sub>0</sub>とすると

$$(3/k)^2 (d/3.5)^3 / (N/5400)^2 / (D/3.5) = (G_0/1.74)$$

$$(3/k)^2 (d/3.5)^3 / (N/5400)^2 / (D/3.5) \cdot 1.74 = G_0$$

と表すことができ、これより目標加振加速度G<sub>0</sub>= 0.5 Gのときの最低必要な軸直径dを比例計算で求めると、

$$(3/k)^2 (d/3.5)^3 / (N/5400)^2 / (D/3.5) \cdot 1.74 = 0.5$$

$$d^3 = 0.0134 \cdot (N/1000)^2 \cdot k^2 \cdot D$$

となる。軸直径dの上限は、その余裕を如何にとるかと言う点と軸受け損失がほぼ軸直径の2乗に比例することから、許容レベルを最低の軸直径での損失の2倍程度以下とすると云う2つの観点から、最大の軸直径を最低軸直径の1.5倍に設定すると、最大軸直径は  $d^3 = 0.0134 \cdot (N/1000)^2 \cdot k^2 \cdot D \cdot 1.5^3$  と規定され、軸直径dの設定範囲は  $0.0134 \cdot (N/1000)^2 \cdot k^2 \cdot D < d^3 < 0.0134 \cdot (N/1000)^2 \cdot k^2 \cdot D \cdot 1.5^3$  と表現できる。

## 【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0036

【補正方法】変更

【補正内容】

【0036】下ケース15にはステータコア22が取り付けられており、このステータコア22はヨークの先端を外側にして取り付けられている。回転スリーブ18の筒部20の先端に一体的に取り付けられた前記ハブ部21は、ロータフレーム23を介して環状マグネット24が取り付けられている。ハブ部21には、この図11と図12では3枚のハードディスク25がスペーサ26を介在させて取り付けられている。

## 【手続補正11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0041

【補正方法】変更

【補正内容】

【0041】この(表2)から条件が回転数N= 5400 rpm, ディスク枚数k= 3, 軸直径d= 3.5mmの場合のエラーを起こさない加振加速度は 1.28Gであって、製品としての要求する目標加振加速度G<sub>0</sub>とすると

$$(3/k)^2 (d/3.5)^3 / (N/5400)^2 / (D/3.5)$$

$$= (G_0 / 1.28)$$

$$(3/k)^2 (d/3.5)^3 / (N/5400)^2 / (D/3.5) \cdot 1.28 = G_0$$

と表すことができ、これより目標加振加速度  $G_0 = 0.5$  G のときの最低必要な軸直径  $d$  を比例計算で求めると、

$$(3/k)^2 (d/3.5)^3 / (N/5400)^2 / (D/3.5) \cdot 1.28 = 0.5$$

$$d^3 = 0.018 \cdot (N/1000)^2 \cdot k^2 \cdot D$$

となる。軸直径  $d$  の上限は、その余裕を如何にとるかと言う点と軸受け損失がほぼ軸直径の 2 乗に比例することから、許容レベルを最低軸直径での損失の 2 倍程度以下とすると云う 2 つの観点から、最大軸直径を最低軸直径の 1.5 倍に設定すると、最大軸直径は  $d^3 = 0.018 \cdot (N/1000)^2 \cdot k^2 \cdot D \cdot 1.5^3$  と規定され、軸直径  $d$  の設定範囲は  $0.018 \cdot (N/1000)^2 \cdot k^2 \cdot D < d^3 < 0.018 \cdot (N/1000)^2 \cdot k^2 \cdot D \cdot 1.5^3$  と表現できる。

#### 【手続補正 1 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 4 3

【補正方法】変更

【補正内容】

【0 0 4 3】具体的には、図 1 3 は 3.5 インチのディスクを取り付けたモータを 5400 rpm で回転させる場合に、ディスクの枚数を変化させて目標加振加速度  $G_0 = 0.5$  G を満足する軸直径の最小値と最大値を表している。図 1 4 は 3.5 インチのディスクを取り付けたモータを 7200 rpm で回転させる場合に、ディスクの枚数を変化させて目標加振加速度  $G_0 = 0.5$  G を満足する軸直径の最小値と最大値を表している。

#### 【手続補正 1 3】

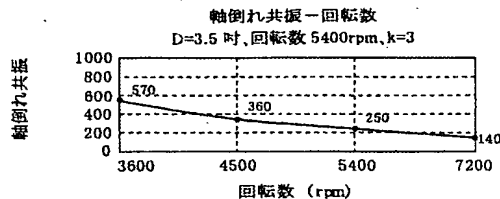
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 4

【補正方法】変更

【補正内容】

【図 4】



#### 【手続補正 1 4】

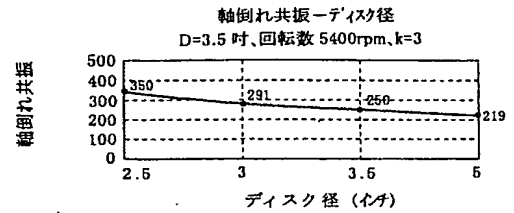
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 5

【補正方法】変更

【補正内容】

【図 5】



#### 【手続補正 1 5】

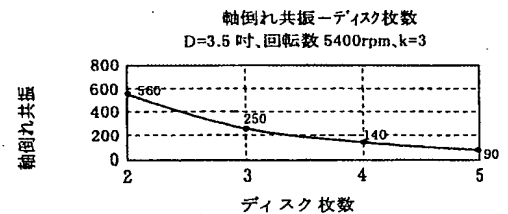
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 6

【補正方法】変更

【補正内容】

【図 6】



#### 【手続補正 1 6】

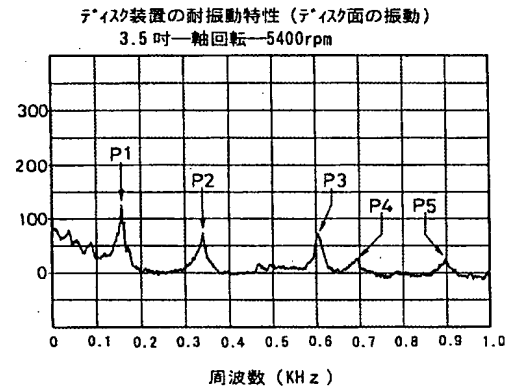
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 7

【補正方法】変更

【補正内容】

【図 7】



#### 【手続補正 1 7】

【補正対象書類名】図面

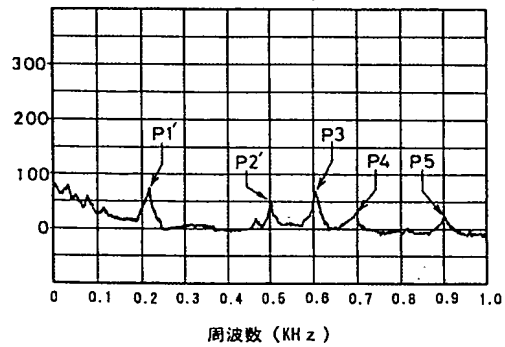
【補正対象項目名】図 8

【補正方法】変更

【補正内容】

【図 8】

ディスク装置の耐振動特性 (ディスク面の振動)  
3.5 吋一軸回転—5400rpm



【手続補正 1 8】

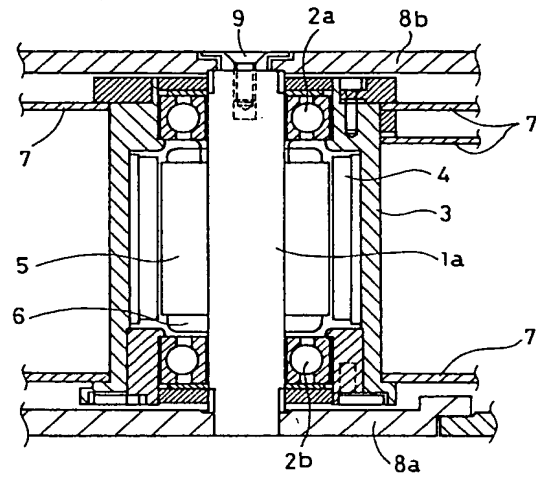
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 1 5

【補正方法】変更

【補正内容】

【図 1 5】



フロントページの続き

(72) 発明者 松尾 昭英  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 福谷 秀志  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内